乌兰布和沙漠典型灌木群落多样性及其生态位①

董雪[1,2]，辛智鸣[1,2]，段瑞兵[1,2]，黄雅茹[1,2]，菅凯敏[3]，马海峰[4]
（1.中国林业科学研究院沙漠林业实验中心,内蒙古 磴口 015200；2.内蒙古磴口荒漠生态系统国家定位监测研究站,内蒙古 磴口 015200；3.巴彦淖尔市造林技术推广站,内蒙古 巴彦淖尔市 015000；4.巴彦淖尔市野生动植物和湿地保护中心，内蒙古 巴彦淖尔市 015000；）

摘要: 通过了解乌兰布和沙漠典型灌木群落多样性及主要优势种的生态位特征，对完善和科学保育植物群落的多样性具有重要意义。分析表明：① 研究区 8 个典型灌木群落多样性 Shannon-Wiener 指数和丰富度 Margalef 指数依次均为：沙冬青群落>白刺群落>红砂群落>油蒿群落>驼绒藜群落>梭梭群落>盐爪爪群落>霸王群落；均匀度 Pielou 指数以红砂群落最高，梭梭群落最低；Shannon-Wiener、Margalef 和 Pielou 指数的范围分别为 1.050~1.795、0.306~1.197 和 0.487~0.727，且各群落间存在差异。② 白刺的重要值和生态位宽度均最大，说明其适应能力强，分布范围大，作为乌兰布和沙漠植被群落中的广域种具有重要的生态地位和作用。优势物种间的生态位重叠值多数较小，小于 0.5 的占总种对的 85.26%。③ 乌兰布和沙漠优势物种间总体呈不显著的正关联，大部分灌木群落类型间 Jaccard 相似性在 0.30~0.60，表明该植被群落结构及其物种之间处于稳定共存的状态。

关键词：乌兰布和沙漠；灌木群落；物种多样性；生态位宽度；生态位重叠；

Ulanbuh desert typical shrub species diversity and niche of shrub dominant species

DONG Xue[1,2], XIN Zhi-ming[1,2], DUAN Rui-bing[1,2], HUANG Ra-ru[1,2], JIAN Kai-min[3], MA Hai-feng[4]
（1.*Experimental Center of Desert Forestry, Chinese Academy of Forestry, Dengkou,* 015200, *Inner Mongolia, China*；2.*Inner Mongolia Dengkou Desert Ecosystem Research Station, State Forestry and Grassland Administration, Dengkou, 015200, Inner Mongolia, China*；3.*Bayannur City Forestation Technology Promotion Station, Bayannur, 015000, Inner Mongolia, China*；4. *Bayannur City Wildlife and Wetland Protection Center, Bayannur, 015000, Inner Mongolia, China*）

Abstract: Research on the plant diversity of typical shrub communities species diversity and the niche measurement of the dominant species . It was important for self-improvement, scientific conservation and managing the diversity of shrub communities. The results showed that: Shannon-Wiener and richness Margalef index of eight typical shrub communities on Ulanbuh desert was inorder: *Ammopiptanthus mongolicus* community > *Nitraria tangutorum* community > *Reaumuria songarica* community > *Artemisia ordosica* community > *Ceratoides latens* community > *Haloxylon ammodendron* community > *Kalidium foliatum* community > *Sarcozygium xanthoxylon*. Evenness Pielou index of *Reaumuria songarica* community was the biggest, *Haloxylon ammodendron*. communitys' was the smallest. The Shannon-Wiener、Margelef and Pielou indexs ranged from1.050~1.795、0.306~1.197 and 0.487~0.727. There were differences among the communities. Across the community types, important value and niche breadth were

① 收搞日期：2019-09-30；修订日期：2019-11-22
基金项目：中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金（CAFYBB2017MA027-1, CAFYBB2019ZD002-01）；科技基础资源调查专项（2017FY100203-1）
作者简介：董雪（1986-），女，工程师，硕士，研究方向荒漠化防治. E-mail:dongxue98765@126.com
通讯作者：辛智鸣. E-mail: xzmlkn@163.com

major in *Nitraria tangutorum*. Thus，this specie inclined to be generalist species which played an important role in the communities due to strong ecological adaptability in desert shrub communities． Most shrub species' niche overlap values were minor, of which 85.26% shrub species were lower than 0.5 across the resource axe.Macro-association was slightly positively correlated among 20 dominant species. The Jaccard similarity between most shrub community types ranged from 0.30 to 0.60. This result indicated that the plant community was in a relatively stable status.

Key Words: Ulanbuh desert; shrub communities; species diversity; niche breadth; niche overlap

多样性是衡量植物群落在物种组成、结构状态、功能水平和演替动态等方面的重要指标，丰富度指数和均匀度指数越大，群落的多样性指数越高，表明群落结构相对复杂且稳定，整个植被生态系统的生产力较高[1-2] 。生态位可以定量描述物种对环境的响应和环境对物种的影响，以及物种之间的相互关系[3-5]。 因此，生态位理论成为研究植物群落内物种稳定共存、物种的进化演替与物种间竞争机制等方面的基本理论[6-9]，同时不同物种对环境资源利用和生态空间分布的差异反映了在生物多样性维持机制中的生存策略[10]。群落类型可以代表植物在由综合生态因子形成的不同群落组成类型中各物种之间的相互关系和植物功能位置构成的一条多维空间的综合资源轴[11]。

沙漠植被在群落结构组成上，灌木物种占有明显优势，物种组成较简单[12-13]。因此，研究沙漠灌木物种在植物群落演替、植物资源保护、脆弱生态环境修复等方面具有非常重要的作用，目前相关研究主要集中在植物群落的分布特征及物种利用资源和占据生态空间的能力[13-14]，但针对乌兰布和沙漠典型灌木群落多样性及其主要优势物种生态位的研究较少。本研究通过对乌兰布和沙漠植物群落的监测和分析，了解典型灌木群落结构和物种组成，探讨优势种在不同灌木群落类型资源轴上的生态位特征，揭示灌木群落物种之间的相互关系和群落多样性特征，旨在科学保育和合理开发利用沙漠灌木植物资源，为沙漠生态环境自然植被恢复和生物多样性保护提供基础数据。

1 研究区概况

乌兰布和沙漠四周高中间低，是中国八大沙漠之一，面积约为 1.0×10^4 km^2，东西宽约 139.6 km，南北长约 185.5 km，行政区域归属于内蒙古自治区阿拉善盟和巴彦淖尔市，地理位置 106° 09′～106° 57′E，39° 16′～40° 57′N。属中温带干旱气候，年降水量 90~215 mm，从东到西递减，年蒸发量 2 110~2 995 mm，是降水量的 20 倍之多；年气温 3.9~9.5 ℃，从东到西显著递增，年平均风速 2.4~5.0 m·s^{-1}，年大风日数 20~40 d，主风向为西北风或西风。气候干旱少雨，夏热冬寒，昼夜温差大，风力强劲，沙尘暴灾害性天气较频繁[15]。土壤类型以风沙土为主，地下水埋深一般为 1.5~3 m。

2 研究方法

2.1 样地的设置与调查

根据 1：1 000 000 中国植被图和区域群落记载资料，对乌兰布和沙漠的主要植物群落进行调查点系统布设，于 2018 年 7 月和 2019 年 8 月分两次进行野外实地监测，调查区域尽量覆盖乌兰布和沙漠不同地理区域、地形地貌特征、植被类型等，采用考察沿线记录与典型灌木植被群落调查相结合的方法在乌兰布和沙漠有植被分布的地段，利用 GPS 定位记录经度、纬度和海拔信息。清查样方内的所有灌、草植物种类组成。每个调查区设置 1 个 100 m×100 m 的样地，每个样地的四个角和中心位置各设置 1 个 10 m×10 m 的灌木样方，共计 5 个(图 1)，样方内测量每种植物株数、高度、总盖度、冠幅等指标。本研究累计布设 80 个样地，共计 400 个灌木样方。

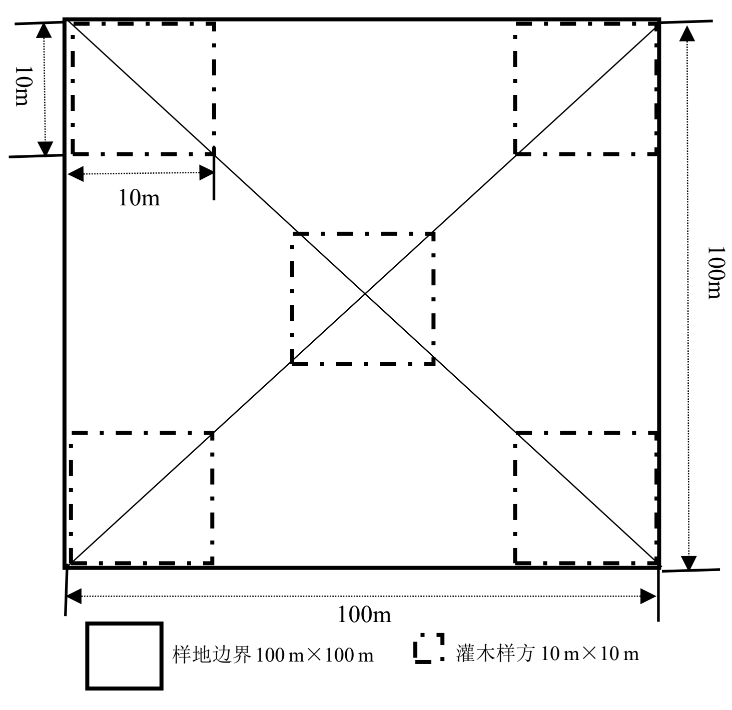


图 1　样地设置示意图

Fig.1　Sample diagram

2.2 计算公式

（1）重要值=(相对密度+相对盖度+相对频度)/3

（2）丰富度 Margalef 指数：$R = (S-1)/\ln N$

（3）均匀度 Pielou 指数：$E = (-\sum P_i \ln P_i)/\ln S$

（4）物种多样性Shannon-Wiener性指数：$D = -\sum_{i=1}^{s} P_i \ln P_i$

（5）Jaccard 相似性系数：$C_j = c/a + b - c$

式中：P_i 为第 i 个种的个体数占所有物种个体总数的比例；S 为群落中总种数；N 为群落中所有物种的个体总数。a、b 分别为各自样方中的物种数；c 为两个样方中共有的物种数。

（6）生态位宽度采用 Shannon-Wiener 计算公式[20]：$B_i = -\sum_{j=1}^{r} P_{ij} \ln P_{ij}$

（7）生态位重叠计算公式[21]：$O_{ik} = \sum_{j=1}^{r} P_{ij} P_{kj} \Big/ \sqrt{\sum_{j=1}^{r} P_{ij}^2 \sum_{j=1}^{r} P_{kj}^2}$

式中：B_i 为物种 i 的生态位宽度；O_{ik} 为物种 i 和物种 k 的生态位重叠；P_{ij} 和 P_{kj} 分别代表物种 i 与物种 k 在资源 j 上的重要值占该物种在所有资源水平上的重要值的比例；r 为资源位总位数。

（8）多物种间总体联结性显著性检验

用方差比率法（variance ratio，VR）检验多物种间的总体联结性，说明在某地出现的多物种间是否存在显著的关联

性：

$$\delta_T^2=\sum_{i=1}^{s}p_i(1-p_i)$$

$$s_T^2=(1/n)\sum_{j=1}^{n}(T_j-t)^2$$

$$P_i=n_i/n$$

$$VR=s_T^2/\delta_T^2$$

式中：s 为调查样地的总物种数；n 为总样方数；n_i 为物种 i 出现的样方数；T_j 为样方 j 内出现物种的总数；t 为全部样方中种的平均数。其中，当 $VR>1$ 表示物种间表现出正的关联；$VR<1$ 表示物种间存在负的净关联。采用统计量 $W=VR\times n$ 来检验 VR 值偏离 1 的显著程度，若物种不显著相关联，则 W 落入由下面 X^2 分布给出的界限的概率为 90%：$X^2_{0.95}(n)<W<X^2_{0.05}(n)$。

3 结果与分析

3.1 乌兰布和沙漠灌木群落优势物种重要值与生态位宽度

根据乌兰布和沙漠灌木群落样地资料，计算了 20 种优势灌木的重要值和生态位宽度(表 1)。结果表明，在每一个群落类型资源位中，建群种的重要值与其他物种有显著差异，8 个资源位(群落类型)中白刺重要值之和最大，其生态位宽度也最大，为 1.627，在不同群落类型(除驼绒藜群落外)中均有分布，具有充分利用群落内环境资源的能力。重要值之和较大的油蒿、霸王和沙冬青，其生态位宽度也较大，分别为 1.081、1.246 和 1.409，但重要值之和较大的盐爪爪和驼绒藜，其生态位宽度较小，分别为 0.756 和 0.266，重要值之和较小的泡泡刺、沙拐枣、短脚锦鸡儿、绵刺和蒙古扁桃，其生态位宽度反而较大，依次为 1.027、1.341、1.277、1.008 和 1.165，说明物种重要值与生态位宽度并不完全呈线性递增关系。

表 1 乌兰布和沙漠 20 个优势灌木物种的重要值及生态位宽度

Tab.1 Importance value and niche breadths of 20 dominant species on Ulanbh Desert

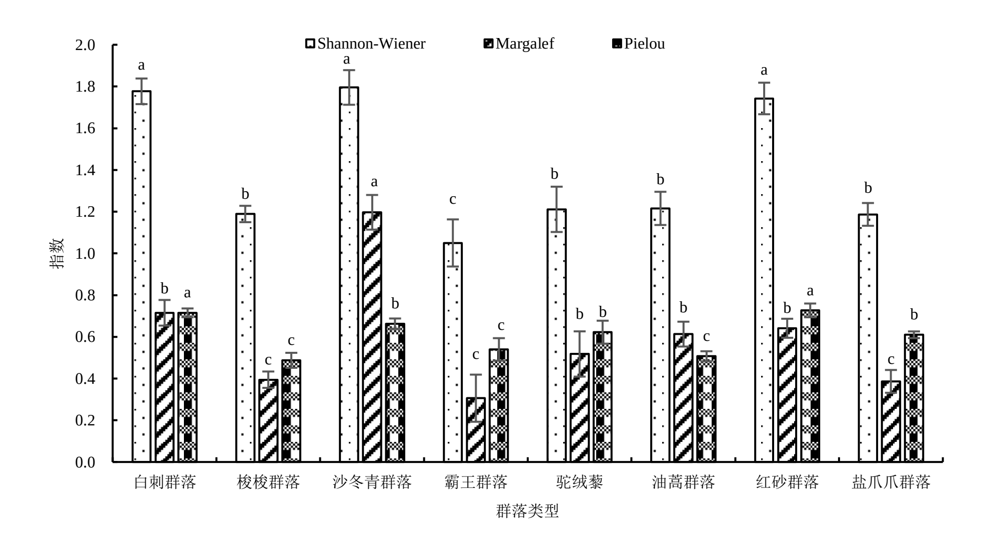
编号	物种	白刺群落	梭梭群落	沙冬青群落	霸王群落	驼绒藜	油蒿群落	红砂群落	盐爪爪群落	重要值之和	生态位宽度
1	白刺	0.511**	0.183*	0.204*	0.040	—	0.017	0.129*	0.235*	1.319	1.627
2	油蒿	0.069	0.029	0.011	0.332*	0.037	0.686**	—	—	1.164	1.081
3	霸王	0.057	—	0.121	0.571**	0.093	0.073	0.019	—	0.935	1.246
4	梭梭	0.091*	0.637**	0.036	—	—	0.012	—	0.112	0.888	0.922
5	盐爪爪	0.049	0.003	0.010	—	—		0.117	0.574**	0.753	0.756
6	沙冬青	0.038	0.096	0.427**	—	0.053	0.069	0.030	0.010	0.724	1.409
7	驼绒藜	0.007	—	0.007	—	0.635**	0.023	—	—	0.672	0.266
8	红砂	0.052	0.005	0.054	—	—	—	0.429**	0.045	0.586	0.903
9	泡泡刺	—	0.008	0.050	—	—	—	0.118	0.021	0.197	1.027
10	沙拐枣	0.040	0.025	0.009	0.025	—	0.077*	—	—	0.177	1.341
11	猫头刺	—	—	—	—	0.138*	—	—	—	0.138	0.312

12	珍珠柴	—	—	—	—	—	—	0.118	—	0.118	0.159
13	短脚锦鸡儿	0.013	—	—	0.014	0.040	0.021	—	—	0.088	1.277
14	柠条锦鸡儿	0.062	—	—	—	—	—	—	—	0.062	0.236
15	木本猪毛菜	—	—	0.051	—	—	—	0.005	—	0.056	0.300
16	白沙蒿	—	0.011	—	—	—	0.018	—	—	0.029	0.661
17	珍珠猪毛菜	—	—	0.003	—	—	—	0.018	0.002	0.024	0.707
18	绵刺	—	0.002	0.006	0.011	0.004	—	—	—	0.023	1.008
19	蒙古扁桃	0.010	0.001	0.004	—	—	—	0.005	—	0.020	1.165
20	长叶红砂	—	—	0.004	—	—	—	0.012	—	0.016	0.567

注：白刺 *Nitraria tangutorum* Bobr.，油蒿 *Artemisia ordosica* Krasch.，霸王 *Sarcozygium xanthoxylon* Bunge.，梭梭 *Haloxylon ammodendron* (C. A. Mey.) Bunge，盐爪爪 *Kalidium foliatum* (Pall.) Moq.，沙冬青 *Ammopiptanthus mongolicus* (Maxim. ex Kom.) Cheng f.，驼绒藜 *Ceratoides latens* (J. F. Gmel.) Reveal et Holmgren，红砂 *Reaumuria songarica* (Pall.) Maxim.，泡泡刺 *Nitraria sphaerocarpa* Maxim，沙拐枣 *Calligonum mongolicum* Turcz.，猫头刺 *Oxytropis aciphylla* Ledeb.，珍珠柴 *Salsola passerina* Bunge，短脚锦鸡儿 *Caragana brachypoda* Pojark.，柠条锦鸡儿 *Caragana korshinskii* Kom.，木本猪毛菜 *Salsola arbuscula* pall.，白沙蒿 *Artemisia sphaerocephala* Krasch.，珍珠猪毛菜 *Salsola passerina* Bunge，绵刺 *Potaninia mongolica* Maxim.，蒙古扁桃 *Amygdalus mongolica* (Maxim.) Ricker，长叶红砂 *Reaumuria trigyna* (Pall.) Maxim.。**和*分别表示各群落中的优势种和亚优势种。

3.2 乌兰布和沙漠灌木群落间物种多样性的比较

不同灌木群落的多样性 Shannon-Wiener 指数和丰富度 Margalef 指数均以沙冬青群落最高，霸王群落最低，均匀度 Pielou 指数以红砂群落最高，梭梭群落最低，3 个指数的波动范围分别为 1.050~1.795、0.306~1.197 和 0.487~0.727。方差分析结果表明，沙冬青群落、白刺群落和红砂群落的物种 Shannon-Wiener 指数均较大，但 3 个群落间差异性不显著($P>0.05$)，其次为油蒿群落、驼绒藜群落、盐爪爪群落和梭梭群落的物种多样性指数显著降低($P<0.05$)，但 4 个群落间差异性不显著($P>0.05$)，霸王群落显著小于其他各灌木群落类型($P<0.05$)。沙冬青群落的物种 Margalef 指数最大，且显著大于其他各灌木群落类型($P<0.05$)；其次为白刺群落、红砂群落、油蒿群落和驼绒藜群落的物种丰富度指数显著降低($P<0.05$)，但 4 个群落间差异性不显著($P>0.05$)，梭梭群落、盐爪爪群落和霸王群落显著小于其他各灌木群落类型($P<0.05$)，但 3 个群落间差异性不显著($P>0.05$)。红砂群落和白刺群落的物种 Pielou 指数均较大，但二个群落间差异性不显著($P>0.05$)；其次为沙冬青群落、驼绒藜群落和盐爪爪群落的物种均匀度指数显著降低($P<0.05$)，但 3 个群落间差异性不显著($P>0.05$)，霸王群落、油蒿群落和梭梭群落显著小于其他各灌木群落类型($P<0.05$)，但 3 个群落间差异性不显著($P>0.05$)。



注：不同小写字母表示相同指数不同群落之间的显著性差异($P<0.05$)

图 2 不同灌木群落间多样性比较

Fig.2 Comparison of diversity among the different shrub communities

3.3 乌兰布和沙漠灌木群落间物种相似性的比较

大部分灌木群落类型间物种 Jaccard 相似性系数在 0.30～0.60，但其中一小部分灌木群落类型间的物种相似性存在较大差异，各灌木群落类型间盐爪爪群落与霸王群落和驼绒藜群落间的物种 Jaccard 相似性均最低，仅为 0.08，沙冬青群落与梭梭群落和红砂群落间的物种 Jaccard 相似性最高，均为 0.63。白刺群落和沙冬青群落与其他群落间的物种 Jaccard 相似性均大于 0.30，说明这 2 种灌木群落类型内的物种在研究区分布更广泛，群落中物种相对较丰富且适应能力强，具有更宽的生态位。

表 2 不同灌木群落间相似性比较

Tab.2 Correlations of species in shrub communities(Jaccard index)

	白刺群落	梭梭群落	沙冬青群落	霸王群落	驼绒藜	油蒿群落	红砂群落	盐爪爪群落
白刺群落	1.00							
梭梭群落	0.53	1.00						
沙冬青群落	0.59	0.63	1.00					
霸王群落	0.36	0.29	0.35	1.00				
驼绒藜	0.36	0.20	0.32	0.40	1.00			
油蒿群落	0.53	0.38	0.37	0.50	0.38	1.00		
红砂群落	0.35	0.38	0.63	0.13	0.13	0.16	1.00	
盐爪爪群落	0.36	0.50	0.47	0.08	0.08	0.20	0.50	1.00

3.4 乌兰布和沙漠灌木群落优势灌木物种生态位重叠

乌兰布和沙漠典型灌木群落 20 个优势物种间具有生态位重叠的种对数有 156 对，占总种对数的 82.11 %。有 13 对种对生态位重叠值大于 0.9，占总种对的 6.84%；有 6 对种对生态位重叠值介于 0.8~0.9，占总种对的 3.16%；有 57 对种对生态位重叠值介于 0.2~0.8 占总种对的 30.00%；有 23 对种对生态位重叠值介于 0.1~0.2，占总种对的 12.11%；有 91 对种对生态位重叠值小于 0.1，占总种对的 47.89%，其中 34 对种对生态位重叠值等于 0；有 162 对种对生态位重叠

值小于 0.5，占总种对的 85.26%，表明乌兰布和沙漠灌木群落中优势物种相互之间的生态位重叠程度较低，各物种间对资源的利用性竞争不强，植被群落处于稳定共存状态。一般生态位宽度大的物种之间的生态位重叠值也较大，如白刺与蒙古扁桃、霸王与绵刺的生态位重叠值分别为 0.885、0.926；生态位宽度小的物种之间的生态位重叠值也较小，如珍珠柴与猫头刺、驼绒藜的生态位重叠值均为 0。然而，生态位宽度大的物种与生态位宽度小的物种间也具有较大的生态位重叠值，如沙冬青与木本猪毛菜、沙拐枣与白沙蒿的生态位重叠值分别为 0.953、0.836；生态位宽度小的物种之间的生态位重叠值也较大，如驼绒藜与猫头刺、珍珠柴与珍珠猪毛菜的生态位重叠值分别为 0.999、0.976；说明物种间生态位重叠值的大小与其生态位宽度大小的相关性较弱且无明显规律。

表 3 乌兰布和沙漠 20 个优势灌木物种生态位重叠

Tab.3 Niche overlaps between 20 dominant species on Ulanbuh desert

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2	0.137																		
3	0.210	0.541																	
4	0.471	0.066	0.027																
5	0.472	0.008	0.018	0.185															
6	0.458	0.173	0.239	0.279	0.060														
7	0.013	0.082	0.163	0.003	0.001	0.135													
8	0.374	0.013	0.068	0.052	0.307	0.198	0.003												
9	0.384	0.008	0.107	0.109	0.348	0.442	0.004	0.953											
10	0.488	0.894	0.414	0.338	0.039	0.314	0.035	0.067	0.055										
11	0.000	0.048	0.155	0.000	0.000	0.118	0.999	0.000	0.000	0.000									
12	0.202	0.000	0.032	0.000	0.198	0.066	0.000	0.980	0.906	0.000	0.000								
13	0.248	0.565	0.475	0.046	0.023	0.185	0.833	0.033	0.000	0.538	0.816	0.000							
14	0.798	0.090	0.096	0.139	0.084	0.085	0.011	0.119	0.000	0.429	0.000	0.000	0.274						
15	0.337	0.014	0.204	0.055	0.037	0.953	0.012	0.219	0.470	0.100	0.000	0.097	0.000	0.000					
16	0.170	0.787	0.105	0.515	0.003	0.242	0.031	0.006	0.032	0.836	0.000	0.000	0.363	0.000	0.000				
17	0.299	0.003	0.067	0.031	0.319	0.235	0.002	0.991	0.973	0.018	0.000	0.976	0.000	0.000	0.271	0.000			
18	0.238	0.385	0.926	0.171	0.009	0.497	0.306	0.058	0.182	0.304	0.301	0.000	0.480	0.000	0.449	0.077	0.080		
19	0.885	0.083	0.162	0.217	0.160	0.436	0.013	0.554	0.514	0.416	0.000	0.420	0.230	0.839	0.375	0.043	0.469	0.164	
20	0.294	0.005	0.096	0.018	0.193	0.370	0.004	0.967	0.982	0.032	0.000	0.946	0.000	0.000	0.414	0.000	0.981	0.146	0.506

注：编号 1～20 所代表的植物名称见表 1。

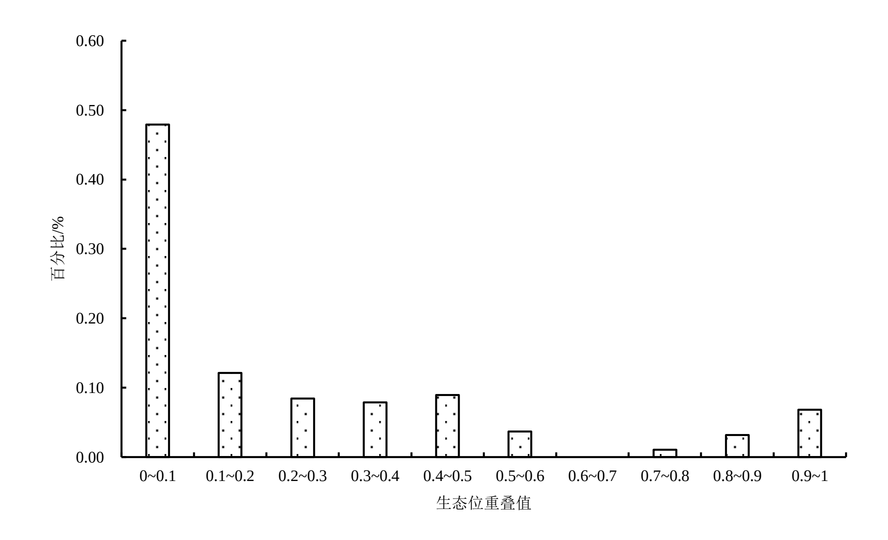


图 3 种间生态位重叠值分布特征

Fig. 3 Distribution characteristics of niche overlap among species

3.5 多物种间总体联结性分析

由表 4 分析研究区灌木群落内优势物种的总体关联性，根据物种-样方 20×80 的二元数据矩阵计算，多物种间总体关联性的方差比率 VR 值：VR=1.09（VR＞1），说明这 20 个优势物种间成正关联。检验统计量 W＝93.48，落入 $X^2_{0.95}(80)$ 与 $X^2_{0.05}(80)$之间，即 VR 值偏离 1 不显著，说明乌兰布和沙漠灌木群落物种间总体关联性不显著，物种间联结较松散，分布具有一定的独立性。综上所述，研究区多个灌木物种间可以稳定共存且物种间联结独立，灌木群落结构趋于完善和稳定。

表 4 优势物种间的整体关联性分析

Tab.4 Analysis on the overall association of dominant species

系数	δ^2_T	s^2_T	方差比率(VR)	检验统计量(W)	X^2 临界值($X^2_{0.95}n$, $X^2_{0.05}n$)	测度结果
测度值	2.23	2.44	1.09	87.53	(59.48,101.88)	不显著正关联

4 讨论与结论

植被群落物种多样性可以客观指示群落物种组成与分布特征，在研究区各类型典型灌木群落多样性指数与其他荒漠区群落物种多样性水平相比较高[16-20]。8 个典型灌木群落类型多样性 Shannon-Wiener 指数表现为：沙冬青群落>白刺群落>红砂群落>油蒿群落>驼绒藜群落>梭梭群落>盐爪爪群落>霸王群落，丰富度 Margalef 指数的变化与其完全相同，而均匀度 Pielou 指数表现为：红砂群落>白刺群落>沙冬青群落>驼绒藜群落>油蒿群落>盐爪爪群落>霸王群落>梭梭群落。8 个典型优势灌木种群在整个乌兰布和沙漠植物群落中占据主导地位，各优势种相互交错且在群落内出现的频率相对较高。采用 Jaccard 相似性系数作为度量标准，分析 28 对灌木群落类型间相似性水平，其中 7 对群落类型间属于极不相似水平(0.00~0.25)，13 对群落类型间属于中等不相似水平(0.25~0.5)，8 对群落类型间属于中等相似水平(0.5~0.75)，各群落类型间无极相似水平(0.75~1)。

生态位宽度能够衡量物种对不同环境资源总和的利用能力和分布状况，生态位宽度值越大，表明物种对环境资源利用的能力越强，在生境中的地位越重要且分布状况也越均匀[21-22]。乌兰布和沙漠灌木群落的物种中，白刺和沙冬青在群落类型资源轴上表现出较高的生态位宽度，表明这 2 种灌木出现在各天然灌木植物群系的频度较高，分布的面积范围也较广，对沙漠有限资源的利用能力和生态环境因子的适应能力要优于其他物种，作为沙漠脆弱生态系统中的主要建群种，对维持群落结构稳定和物种多样性保护起着重要作用。驼绒藜作为组成乌兰布和沙漠 8 个典型群落类型之一的物种，其生态位宽度较窄，说明它对环境变化适应能力和种间竞争能力较弱，只集中分布在少数群落类型中。前期研究结果表明，物种的生态位宽度会随重要值增大而增大，但并不呈现绝对的线性关系[23-25]，本研究结果与其一致，重要值之和较大的盐爪爪和驼绒藜，其生态位宽度较小，重要值之和较小的泡泡刺、沙拐枣、短脚锦鸡儿、绵刺和蒙古扁桃，其生态位宽度反而较大。

生态位重叠反映了物种之间对同等级共享资源利用的相似性程度，以及物种之间在空间配置上的分布存在共存与竞争关系[26-28]。已有研究结果表明：通常生态位宽度大的物种利用资源能力强，与其他物种间的生态位重叠值也较大，物种之间竞争越剧烈；反之，生态位宽度小的物种生态位重叠值则较小[29]。然而，生态位宽度较小的物种之间生态位重叠值却较高，是因为种对具有相似的生物生态学特性，而且对生境中环境资源的需求上产生互补[30-33]。生态位宽度大的物种与其他物种的生态位重叠不一定大[34]，说明物种间生态位重叠值的大小与其生态位宽度大小的相关性较弱且无明显规律。本研究中多数物种间的生态位重叠值偏小，有 162 对种对生态位重叠值小于 0.5，占总种对的 85.26%。在沙漠植物群落区，由于自然环境恶劣，易受资源因子的约束，物种要在共享资源不足的情况下共存，物种之间的生态位重叠除了表征它们具有相似的生态学特性外，主要还反映了物种之间存在着竞争的关系。群落中的不同物种长期共存，在形态和生理等方面出现了许多互补的特征，从而对资源的利用途径存在差异，使得同一群落中不同的物种相互适应且协同进化，从而使物种与环境和谐统一[35-36]。这可能是沙漠灌木群落中许多生态位重叠的物种能够共存，而且形成了相对比较稳定群落结构的原因。通过总体关联性揭示乌兰布和沙漠主要灌木物种间的功能关系，前期研究结果表明，植被群落演替过程中，群落结构及其物种组成将逐渐趋于完善和稳定，通常多物种之间的关系也趋向于整体正关联，从而有助于物种间的稳定共存[37-38]。乌兰布和沙漠灌木群落优势物种间总体关系也基本符合这一规律。

参考文献(References)

[1]李新荣,谭会娟,何明珠,等.阿拉善高原灌木种的丰富度和多度格局对环境因子变化的响应:极端干旱荒漠地区灌木多样性保育的前提[J].中国科学:地球科学,2009,39(4):504-515.[Li Xinrong,Tan Huijuan,He Mingzhu,et al.Response of shrub species richness and diversity patterns to environmental factors in alashan plateau: a prerequisite for shrub diversity conservation in extreme arid desert areas[J]. Scientia Sinica(Terrae),2009,39(4):504-515.]

[2]于瑞鑫,田娜,王兴,等.短花针茅荒漠草原斑块尺度物种多样性及其共存格局[J].干旱区研究,2019,36(2):444-450.[Yu Ruixin,Tian Na,Wang Xing,et al.Species diversity and Co-occurrence pattern at patch scale in *Stipa breviflor* desert steppe[J].Arid Zone Research,2019,36(2):444-450.

[3]Rousset O,Lepart J.Positive and negative interactions at different life stages of a colonizing species (Quercus humilis)[J].Journal of Ecology,2000,88(3):401-412.

[4]Brooker R W,Maestre F T,Callaway R M,et al.Facilitation in plant communities:The past,the present,and the future[J].Journal of Ecology,2008,96(1):18-34.

[5]Hurlbert S H.The measurement of niche overlap and some relatives[J]. Ecology,1978,59(1):67-77.

[6]Robert M,Christoph N,Wilhelm B,et al. Biodiversity and endemism mapping as a tool for regional conservation planning case study of the Pleurothallidinae (Orchidaceae) of the Andean rain forests in Bolivia[J]. Biodiversity and Conservation,2003,12(12):2005-2024.
[7]李登武,张文辉,任争争.黄土沟壑区狼牙刺群落优势种群生态位研究[J].应用生态学报,2005,16(12):2231-2235.[Li Dengwu, Zhang Wenhui,Ren Zhengzheng.Niche characteristics of dominant populations of *Sophora davidii* community in loess gully region[J].Chinese Journal of Applied Ecology,2005,16(12):2231-2235.]
[8]苗纯萍,李雪华,蒋德明.科尔沁沙地流动沙丘-丘间低地过渡带植被分布特征及种间关联[J].干旱区研究,2013,30(5):832-837.[Miao Chunping, Li Xuehua,Jiang Deming. Spatial distribution and interspecific association of plants in ecotone between mobile sand dunes and interdune lowlands in the Horqin Sandy Land[J].Arid Zone Research,2013,30(5):832-837.]
[9]霍红,冯起,苏永红,等.额济纳绿洲植物群落种间关系和生态位研究[J].中国沙漠, 2013,33(4):1027-1033.[Huo Hong, Feng Qi,Su Yonghong,et al. Interspecies relationship and niche analysis on phytocoenosium in the Ejina Oasis[J].Journal of Desert Research, 2013,33(4):1027-1033.]
[10]江焕,张辉,龙文兴,等.金钟藤入侵群落的种间联结及生态位特征[J].生物多样性,2019,27(4):388-399.[Jiang Huan,Zhang hui,Long Wenxing, et al.Interspecific associations and niche characteristics of communities invaded by *Decalobanthus boisianus*[J].Biodiversity Science,2019,27 (4):388-399.]
[11]奚为民.怀柔山区灌丛群落优势种群生态位的研究[J]. 植物生态学报,1993,17(4):324-330.[Xi Weimin. Niche research of scrub dominant population in Huairou mountainous region of Beijing area[J]. Chinese Journal of Plant Ecology,1993,17(4):324-330.]
[12]班卫强,严成,尹林克,等.古尔班通古特沙漠南缘不同立地条件植物多样性和优势种群生态位特征研究[J].中国沙漠,2012,32(6):1632-1638.[Ban Weiqiang,Yan Cheng,Yin Linke,et al. Plant species diversity and dominance population niche characteristics at different sites in southern Gurbantunggut Desert[J].Journal of Desert Research,2012,32(6):1632-1638.]
[13]]牛慧慧,陈辉,付阳,等.柴达木盆地东部荒漠植物生态位特征[J].生态学报,2019,39(8):2862-2871.[Niu Huihui,Chen Hui,Fu Yang,et al. Ecological niche characteristics of desert plants in the eastern Qaidam Basin[J].Acta Ecologica Sinica,2019,39(8):2862-2871.]
[14]张东梅,赵文智,罗维成.荒漠草原带盐碱地优势植物生态位与种间联结[J].生态学杂志,2018,37(5):1307-1315.[Zhang Donghai,Zhao Wenzhi,Luo Weicheng. Niche and interspecific association of dominant plant species in saline-alkaline soils of desert steppe zone[J].Chinese Journal of Ecology,2018,37(5):1307-1315.]
[15]吴鸿宾.内蒙古主要气象灾害分析[M].北京:气象出版社,1990.[Wu Hong bin. Analysis of major meteorological disasters in Inner Mongolia[M]. Beijing: Meteorological Press,1990.]
[16]马斌,周志宇,张莉丽,等.阿拉善左旗植物物种多样性空间分布特征[J].生态学报,2008,28(12):6099-6106.[Ma Bin,Zhou Zhiyu,Zhang Lili,et al. The spatial distribution characteristics of plant diversity in Alagxa Left Banne[J]. Acta Ecologica Sinica,2008,28(12):6099-6106.]
[17]张佩,袁国富,庄伟,等. 黑河中游荒漠绿洲过渡带多枝柽柳对地下水位变化的生理生态响应与适应[J].生态学报,2011,31(22):6677-6687.[Zhang Pei,Yuan Guofu,Zhuang Wei,et al. Ecophysiological responses and adaptation of *Tamarix ramosissima* to changes in groundwater depth in theHeihe river basin[J].Acta Ecologica Sinica,2011,31(22):6677-6687.]
[18]张锦春,王继和,赵明,等.库姆塔格沙漠南缘荒漠植物群落多样性分析[J].植物生态学报,2006,30(3):375-382.[Zhang Jinchun,Wang Jihe,Zhao Ming, et al. Plant community and species diversity in the south fringe of Kumtag Desert[J]. Journal of Plant Ecology,2006,30(3):375-382.]
[19]张林静,岳明,张远东,等.新疆阜康绿洲荒漠过渡带植物群落物种多样性特征[J].地理科学,2003,23(3):329-334.[Zhang Linjing,Yue Ming,Zhang Yuandong,et al. Characteristics of plant community species diversity of Oasis Desert Ecotone in Fukang, Xinjiang[J].Scientia Geographica Sinica,2003,23(3):329-334.]
[20]李新荣,何明珠,贾荣亮.黑河中下游荒漠区植物多样性分布对土壤水分变化的响应[J].地球科学进展,2008,23(7):685-691.[Li Xinrong,He Mingzhu,Jia Rongliang. The response of desert plant species diversity to the changes in soil water content in the Middle-lower reaches of the Heihe River[J].Advances in Earth Science,2008,23(7):685-691.]
[21]刘加珍,陈亚宁,张元明.塔里木河中游植物种群在四种环境梯度上的生态位特征[J].应用生态学报,2004,15(4):549-555.[Liu Jiazhen,Chen Yaning,Zhang Yuanming. Niche characteristics of plants on four environmental gradients in middle reaches of Tarim River[J].Chinese Journal of Applied Ecology, 2004,15(4):549-555.]
[22]陈玉凯,杨琦,莫燕妮,等.海南岛霸王岭国家重点保护植物的生态位研究[J].植物生态学报,2014,38(6):576-584.[Chen Yukai,Yang Qi,Mo Yanni,et al. A study on the niches of the state's key protected plants in Bawangling, Hainan Island[J]. Journal of Plant Ecology,2014,38(6):576-584.]
[23]张东梅,赵文智,罗维成.荒漠草原带盐碱地优势植物生态位与种间联结[J].生态学杂志,2018,37(5):1307-1315.[Zhang Dongmei,Zhao Wenzhi,Luo Weicheng. Niche and interspecific association of dominant plant species in saline-alkaline soils of desert steppe zone[J].Chinese Journal of Ecology,2018,37(5):1307-1315.]
[24]陈俊华,刘兴良,何飞,等.卧龙巴朗山川滇高山栎灌丛主要木本植物种群生态位特征[J].林业科学,2010,46(3):23-28.[Chen Junhua,Liu Xingliang,He Fei,et al. Niche characteristics of dominant woody populations in quercus aquifoliodes shrub community in Balangshan mountain in

Wolong Nature Reserve[J].Scientia Silvae Sinicae,2010,46(3):23-28.]
[25]卢妮妮,凌威,郭倩,等.基于生态位分割的森林资源经营与评价——以北京鹫峰国家森林公园为例[J].中南林业科技大学学报,2016,36(10):41-47.[Lu Nini,Lingwei,Guo Qian,et al. Forest resource management and evaluation based on niche segmentation: A case study in Beijing Jiufeng National forest park[J]. Journal of Central South University of Forestry,2016,36(10):41-47.]
[26]Spies T A,Franklin J F,Klopsch M.Canopy gaps in doug-las-fir forests of the Cascade mountains[J].Canadian Journal of Forest Research,1990,20(5):649-658.
[27]余世孝.数学生态学导论[M].北京:科学技术文献出版社,1995.[Yu Shijiao. An introduction to mathematical ecology[M].Beijing: Science and Technology Academic Press,1995.]
[28]张伟,王万林,胡玉昆,等.新疆伊犁荒漠草原恢复措施下植物群落生态位特征分析[J].中国生态农业学报,2011,19(2):358-362.[Zhang Wei,Wang Wanlin,Hu Yukun,et al. Characteristics of plant niche under different restoration measures in Ili desert grassland of Xinjiang Uygur Autonomous Region[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture,2011,19(2):358-362.]
[29]王正宁,贺康宁,张卫强,等.半干旱地区植被恢复过程中林下植被生态位特征的研究[J].水土保持学报.2005,19(5):162-165.[Wang Zhengning,He Kangning,Zhang Weiqiang,et al. Study on Niche characteristics of under growth vegetation during pland restoration in Semi-Arid Region[J]. Journal of Soil and Water Conservation.2005,19(5):162-165.]
[30]刘巍,曹伟.长白山云冷杉群落主要种群生态位特征[J].生态学杂志,2011,30(8):1766-1774.[Liu Wei,Cao Wei. Niche characteristics of main plant species in spruce-fir forests in Changbai Mountains[J]. Chinese Journal of Ecology,2011,30(8):1766-1774.]
[31]陈志伟,伊贤贵,王贤荣,等.黄山微毛樱群落主要种群生态位特征[J].南京林业大学学报:自然科学版,2014,38(Suppl.):39-46.[Chen Zhiwei,Yin Xiegui,Wang Xierong,et al. Niche characteristics of dominant population of *Cerasus clarofolia* community in Huangshan Mountain[J].Journal of Nanjing Forestry University,2014,38(Suppl.):39-46.]
[32]杨晓东,龚雪伟,朱丽安,等.胡杨(*Populus euphratica*)水分再分配与其伴生种多样性和生态位的关系[J].中国沙漠,2017,37(5):933-941.[Yang Xiaodong,Gong Xuewei,Zhu Lian,et al.Relationships among *Populus euphratica* hydraulic redistribution, niche breadth and biodiversity of its companion species in Tugai forests[J]. Journal of Desert Research,2017,37(5):933-941.]
[33]柴宗政,王得祥,张丽楠,等.秦岭山地天然油松群落主要植物种群生态位特征[J].生态学杂志,2012,31(8):1917-1923.[Cai Zongzheng,Wang Dexiang,Zhang Linan,et al. Niche characteristics of main plant populations in natural Pinus tabulaeformis communities in Qinling Mountains，Northwest China[J]. Chinese Journal of Ecology,2012,31(8):1917-1923.]
[34]王仁忠.放牧影响下羊草草地主要植物种群生态位宽度与生态位重叠的研究[J].植物生态学报,1997,21(4):304-311.[Wang Renzhong.The niche breadths and niche overlaps of main plant populations in *leymus chinensis* grassland for grazing[J]. Journal of Plant Ecology,1997,21(4):304-311.]
[35]张峰,上官铁梁.翅果油树群落优势种群生态位分析[J].西北植物学报，2004,24(1):70-74.[Zhang Feng,Shangguan Tieliang. Niche characteristics of dominant populations in *Elaeagnus mollis* communities,Shanxi[J]. Chinese Journal of Botany, 2004,24(1):70-74.]
[36]赵永华,雷瑞德,何兴元,等.秦岭锐齿栎林种群生态位特征研究[J].应用生态学报,2004,15(6):913-918.[Zhao Yonghua,Lei Riude,He Xingyuan,et al. Niche characteristics of plant populations in Quercus aliena var.acuteserrata stands in Qinling Mountains [J].Chinese Journal of Applied Ecology,2004,15(6):913-918.]
[37] 张明霞,王得祥,康冰,等.秦岭华山松天然次生林优势种群的种间联结性[J].林业科学,2015,51(1):12-21.[Zhang Mingxia,Wang Dexiang,Kang Bing,et al. Interspecific associations of dominant plant populations in secondary forest of *Pinus armandii* in Qinling Mountains[J]. Scientia Silvae Sinicae,2015,51(1):12-21.]
[38] 杨青青,杨众养,陈小花,等.热带海岸香蒲桃天然次生林群落优势种群种间联结性[J].林业科学,2017,53(9):105-113.[Yang Qingqing,Yang Zhongyang,Chen Xiaohua,et al. Interspecific associations of dominant plant populations in Secondary Forest of *Syzygium odoratum* in Tropical Coast[J].Scientia Silvae Sinicae,2017,53(9):105-113.]